

Research



IRDH



BUKU AJAR

MENGUBAH SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK **K**

MENJADI BAHAN BAKAR PELET PARTIKEL ARANG

• LALU MUSTIADI • SISWI ASTUTI • ALADIN EKO PURKUNCORO •

**BUKU AJAR MENGUBAH SAMPAH ORGANIK DAN
ANORGANIK MENJADI BAHAN BAKAR PELET
PARTIKEL ARANG**

**LALU MUSTIADI
SISWI ASTUTI
ALADIN EKO PURKUNCORO**

CV. IRDH

**BUKU AJAR MENGUBAH SAMPAH ORGANIK DAN
ANORGANIK MENJADI BAHAN BAKAR PELET
PARTIKEL ARANG**

Oleh : Lalu Mustiadi
: Siswi Astuti
: Aladin Eko Purkuncoro
Perancang sampul : Rojagid Ariadi Mohammad
Penata Letak : Agung Wibowo
Penyunting : Cakti Indra Gunawan
Pracetak dan Produksi : Yohanes Handrianus Laka

Hak Cipta © 2019, pada penulis

Hak publikasi pada CV IRDH

Dilarang memperbanyak, memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan Pertama Mei 2019

Penerbit CV IRDH

Anggota IKAPI No. 159-JTE-2017

Office: Jl. Sokajaya No. 59, Purwokerto

New Villa Bukit Sengkaling C9 No. 1 Malang

HP 081 333 252 968 WA 089 621 424 412

www.irdhcenter.com

Email: buku.irdh@gmail.com

ISBN: 978-602-0726-99-1

i-xiiiint + 65 hlm, 25 cm x 17.6 cm

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan Buku Ajar “*Mengubah Sampah Organik dan Anorganik Menjadi Bahan Bakar Pelet Partikel Arang*”, sehingga harapan penulis untuk ikut serta menambah khasanah pustaka pemahaman ilmu energi baru dan terbarukan dapat terwujud.

Buku ini ditulis berdasarkan pengalaman dalam melakukan kegiatan penelitian yang dijalankan oleh penulis, sehingga diharapkan dapat melengkapi pustaka mata kuliah bidang *Energi Baru dan Terbarukan*, disajikan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Setiap bab diawali dengan penjelasan singkat dan gambar,
- Dilengkapi dengan unit mesin, proses pembuatan dan cara kerja,
- Diahiri dengan mendeteksi kinerja pembuatan dan panduan operasional,
- Terdapat lembar data kinerja setiap tahapan proses pembuatan dan pembakaran bahan bakar pelet arang sampah organik.

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada: Kementrian RISTEKDIKTI, ITN Malang, LP2M ITN Malang, yang telah memberikan bantuan dana dan kesempatan mengikuti penelitian Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi, sehingga kami dapat menyelesaikan Buku Ajar sesuai dengan batas waktu yang telah ditetapkan; dan kepada Penerbit CV. IRDH, yang bersedia menerbitkan Buku Ajar ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa meridoi usaha kita bersama, yang
muaranya menuju peningkatan mutu pendidikan di negeri tercinta ini.
Amin

Malang; Mei 2019.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Ringkasan Materi	2
1.2. Metode Ilmiah	3
1.3. Keamanan dan Keselamatan Kerja (K3) di Laboratorium.....	3
BAB 2 SAMPAH ORGANIK.....	5
2.1. Mencacah Sampah Organik.	6
2.2. Mesin Pencacah Dan Cara Kerja.....	8
2.3. Kinerja Pencacahan Sampah Organik.	9
2.4. Panduan Operasional Mencacah Sampah Organik.	11
2.5. Lembar Data.....	13
BAB 3 ARANG SAMPAH ORGANIK.....	14
3.1. Pengarangan Sampah Organik.	17
3.2. Mesin Pengarangan Dan Cara Kerja.	19
3.3. Kinerja Pengarangan Partikel Sampah Organik.....	21
3.4. Panduan Operasional Pengarangan Partikel Sampah Organik.....	23
3.5. Lembar Data.....	25
BAB 4 SAMPAH ANORGANIK	26
4.1. Pengolahan Sampah Plastik.	27
4.2. Unit Pengolah Botol Plastik.	28
4.3. Kinerja Penyulingan Minyak Plastik.	29
4.4. Panduan Operasional Penyulingan Minyak Plastik.	31
4.5. Lembar Data.....	33

BAB 5 PELET ARANG.....	34
5.1. Bahan Bakar Pelet.	34
5.2. Mesin Pencetak Pelet.	35
5.3. Kinerja Pencetakan Pelet.....	37
5.4. Panduan Operasional Mencetak Pelet.	39
5.5. Lembar Data.....	41
BAB 6 PEMBAKARAN BAHAN BAKAR PELET.....	42
6.1. Pembakaran Bahan Bakar Pelet.....	44
6.2. Unit Pembakar Dan Cara Kerja.....	46
6.3. Kinerja Pembakaran.....	47
6.4. Panduan Operasional Pembakaran Pelet.	49
6.5. Lembar Data.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
GLOSARIUM	54
INDEKS	56
TENTANG PENULIS.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kelengkapan K-3.....	4
Gambar 1. 2 Simbol tanda bahaya.....	4
Gambar 2. 1 Sampah organik.....	5
Gambar 2. 2 Mencacah sampah organik.....	7
Gambar 2. 3 Komponen mesin pencacah sampah organik.....	8
Gambar 3. 1 Unit mesin pengarangan rotary.....	20
Gambar 4. 1 Sampah botol plastik.....	26
Gambar 4. 2 Ppengolahan sampah botol plastik.....	28
Gambar 5. 1 Bahan bakar pelet arang.....	35
Gambar 5. 2 esin cetak bahan bakar pelet.....	36
Gambar 6. 1 Pembakaran pelet.....	42
Gambar 6. 2 Segi tiga pembakaran.....	45
Gambar 6. 3 Komponen utama unit pembakar pelet.....	46

BAB 1

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang terus meningkat dan ketersediaan bahan bakar yang menipis memaksa manusia untuk mencari sumber bahan bakar alternatif. Energi yang berasal dari fosil dewasa ini cendrungannya makin menipis sehingga penggunaan energi biomassa kembali mendapat perhatian karena energi ini bersifat terbarukan (*renewable*). Beribu-ribu tahun lalu energi biomassa sudah banyak dimanfaatkan terutama untuk rumah tangga seperti memasak, bahkan dengan perkembangan teknologi energi ini digunakan pada mesin uap yang menggerakkan kereta api. Setelah itu energi biomassa diganti dengan energi fosil yaitu bensin, solar, minyak tanah, gas, dan lain-lain.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui. Sampah adalah sesuatu yang dibuang dan dihasilkan dari proses produksi, baik yang berasal dari kegiatan industri maupun dari kegiatan rumah tangga, dan lingkungan kampus seperti daun pepohonan, limbah pemanenan berasal dari limbah pertanian dan perkebunan. Sumber bahan baku tersebut cukup melimpah di Indonesia, karena limbah dari kampus jumlahnya cukup besar. Pengelolaan sampah dengan membuat sampah memiliki nilai ekonomi atau merubahnya menjadi bahan yang tidak membahayakan lingkungan, dengan pengelolaan sampah yang benar, sehingga dapat membantu untuk menekan dampak negatif sampah terhadap lingkungan. Atau pun dimanfaatkan sebagai bahan bioenergi setelah diolah menjadi bahan bakar.

Bahan bakar pelet partikel arang sampah organik dibuat dari hasil proses pengarangan sampah organik, merupakan salah satu contoh penggunaan sumberdaya hayati sebagai bioenergi sebagai bahan bakar, memiliki potensi yang baik sebagai substitusi bahan bakar fosil. Energi yang dihasilkan dari bahan bakar pelet partikel arang sampah organik dapat digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan energi rumah tangga maupun industri rumah tangga, mulai dari memasak sampai kebutuhan untuk pembangkit tenaga listrik.

1.1. Ringkasan Materi

Hakikat Bahan Bakar Pelet Partikel Arang Sampah Organik dan Peranannya dalam Kehidupan.

1. Sampah organik adalah barang yang dianggap sudah tidak terpakai dan dibuang oleh pemilik/pemakai sebelumnya, tetapi masih bisa dipakai kalau dikelola dengan prosedur yang benar, dan merupakan salah satu bahan untuk membuat pelet arang.
2. Berdasarkan bahan bakunya pelet arang organik, terdapat jenis: arang kayu, arang tempurung kelapa, arang sekam padi, arang tinja hewan, arang sampah organik, dll.
3. Pembuatan pelet partikel arang sampah organik dilakukan pada tempat terbuka menggunakan: mesin penghancur sampah, mesin pengarangan, mesin destilasi minyak plastik, mesin pencampur, dan mesin cetak pelet,
4. Kinerja pembuatan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik ditunjukkan dengan: laju produksi, energy yang digunakan, efisiensi dan efektivitas produksi,

5. Manfaat mempelajari pembuatan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik adalah memiliki pemahaman yang lebih baik tentang pelet partikel arang dan pembuatannya dari berbagai tahapan proses, manfaat lainnya adalah dapat mengubah sampah organik dan anorganik menjadi produk yang lebih bermanfaat bagi kehidupan.

1.2. Metode Ilmiah

1. Metode ilmiah adalah metode yang tersusun dari langkah-langkah sistematis yang digunakan untuk memecahkan permasalahan.
2. Langkah-langkah dalam metode ilmiah adalah sebagai berikut:
 - a. Melakukan pengamatan dan merumuskan masalah dari hasil pengamatan.
 - b. Mengumpulkan data-data berkaitan dengan masalah yang dipecahkan.
 - c. Membuat hipotesa terhadap permasalahan tersebut.
 - d. Melakukan eksperimen atau percobaan untuk menguji hipotesa.
 - e. Melakukan analisis hasil eksperimen dan membuat kesimpulan.

1.3. Keamanan dan Keselamatan Kerja (K3) di Laboratorium.

1. Beberapa hal yang harus diperhatikan saat berada di laboratorium energi baru dan terbarukan, ditunjukkan pada gambar 1.1 sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Kelengkapan K-3.

- a. Mengenakan jas laboratorium dan alat-alat keselamatan kerja lainnya, seperti masker dan sarung tangan, serta kacamata kerja,
 - b. Mempersiapkan perlengkapan pemadam kebakaran,
 - c. Tidak melakukan sesuatu yang tidak dipahami, seperti menjalankan mesin diluar prosedur pembuatan dan pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik,
 - d. Tidak makan atau minum dan bergurau di dalam laboratorium,
 - e. Melaporkan setiap kecelakaan yang terjadi, misalnya anggota badan mengalami terbakar terkena arang panas atau api.
2. Setiap zat kimia memiliki karakteristik yang tertera pada label di botol atau wadah zat.



Gambar 1. 2 Simbol tanda bahaya.

BAB 2

SAMPAH ORGANIK

Sampah Organik adalah barang sampah yang bisa mengalami pelapukan (dekomposisi) dan terurai menjadi bahan yang lebih kecil dan tidak berbau (sering disebut dengan kompos). Bahan-bahan organik seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, sampah, rumput, seperti bonggol jagung, sabut kelapa, jerami, cangkang buah kopi dan lain-lain. Sisa material tersebut bisa berupa sesuatu yang dihasilkan dari hewan, manusia, ataupun tumbuhan yang sudah tidak digunakan lagi. Biasanya sisa material tersebut akan dilepaskan ke alam dan sudah berbentuk cair, padat atau gas dan bahan lain yang sejenis yang proses pelapukannya dipercepat oleh bantuan manusia. Sampah pasar khusus seperti pasar sayur mayur, pasar buah, atau pasar ikan, jenisnya relatif seragam, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah ditangani. Sampah yang berasal dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% terdiri dari sampah organik dan sisanya anorganik.



Gambar 2. 1 Sampah organik.

Hal yang terpenting dari biomassa ini ialah bahan bakarnya dapat dibaharui atau dalam istilah poplurnya yaitu terbarukan (*renewable*). Beribu-ribu tahun lalu energi biomassa sudah banyak dimanfaatkan terutama untuk rumah tangga seperti masak-memasak bahkan dengan perkembangan teknologi energi ini digunakan pada mesin uap yang menggerakkan kereta api. Setelah itu energi biomassa diganti dengan energi fosil yaitu bensin, solar, minyak tanah, gas, dan lainlain. Energi yang berasal dari fosil dewasa ini candangannya makin menipis sehingga penggunaan energi biomassa kembali mendapat perhatian karena energi ini bersifat terbarukan.

Sampah organik atau degradable adalah jenis sampah yang dapat membusuk, dan terurai kembali, sampah ini dapat dijadikan bahan bakar dengan terlebih dahulu dikeringkan dan dijadikan arang, pupuk kompos yang berguna dalam menyuburkan tanaman. Contohnya sisa makanan dari sayur-sayuran, daun kering atau makanan. Sampah organik sendiri dibagi menjadi: Sampah organik basah, dimaksudkan sampah mempunyai kandungan air yang cukup tinggi. Contohnya kulit buah dan sisa sayuran. Sampah organik kering, adalah bahan organik lain yang kandungan airnya kecil, seperti kertas, kayu atau ranting pohon, dan dedaunan kering.

2.1. Mencacah Sampah Organik.

Sampah Organik dapat dibentuk menjadi bahan yang lebih kecil dalam bentuk partikel, bahan-bahan organik seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, sampah, rumput, dan bahan lainnya yang sejenis, proses pencacahannya dipercepat dengan menggunakan mesin pencacah.



Gambar 2. 2 Mencacah sampah organik.

Pada mesin pencacah, terdapat pisau pencacah yang diputar oleh motor penggerak dengan perantaraan sistem transmisi. Dengan pemberian putaran pada pisau pencacah, dimaksudkan agar pisau pencacah yang berada di dalam drum akan bergerak berputar melakukan tumbukan pada sampah akibat adanya pembentukan gaya tangensial. Besarnya gaya tangensial pada pisau pencacah yang berputar sangat ditentukan oleh besarnya daya yang ditransmisikan, semakin besar sudut perletakan akan membentuk gaya tangensial yang meningkat dan menurunkan gaya tangensial. Gaya tangensial adalah berbanding lurus dengan massa partikel sampah organik dan percepatan arah tangensial pisau pencacah. Sehingga dengan pisau pencacah yang berputar, dan saringan yang mengatur besarnya partikel, akan terbentuk hasil pencacahan sampah organik dengan dimensi partikel yang homogen.

2.2. Mesin Pencacah Dan Cara Kerja.

Secara umum, mesin pencacah sampah organik terdiri dari 5 (lima) komponen utama, yang terdiri dari: Main Engines (*Motor Bakar Bensin*); *Sistem Transmisi Daya* (Sabuk dan Pulley) ; Drum Pencacah (Dilengkapi *Pisau Pencacah*); Saringan (Dengan variasi lubang); Corong pemasukan sampah (Di bagian atas) dan saluran pengeluaran hasil pencacahan sampah (Di bagian bawah).



Gambar 2. 3 Komponen mesin pencacah sampah organik.

Prinsip kerja dari sistem mesin pencacah sampah organik adalah sebagai berikut; *Main Engines* sebagai sumber daya utama memberikan DAYA OUTPUT-nya ke *Drum Pencacah* melalui *Sistem Transmisi Daya*. Besarnya DAYA yang Ditransmisi ke *Drum Pencacah* tergantung pada besarnya beban Pencacahan dan efisiensi system transmisi daya tersebut. Daya yang di transmisikan inilah yang selanjutnya digunakan

untuk memutar *Pisau Pencacah*. Salah satu jenis *Transmisi* (Alat Penghantar Daya) yang digunakan untuk mentransmisikan Daya penggerak sampai ke *Drum Pencacah* saat ini adalah *Pulley dengan sabuk Type Vee dan Gearbox*. Sampah organik yang dimasukkan melalui corong pemasukan sampah, di dalam drum pencacah akan mengalami pencacahan oleh pisau pencacah yang berputar dan tersaring sampai menjadi partikel, selanjutnya partikel sampah organik keluar melalui corong keluar, dan ditampung pada wadah partikel sampah organik.

Dengan pemberian putaran pada pisau pencacah, dimaksudkan agar pisau pencacah yang berada di dalam drum akan bergerak berputar melakukan tumbukan pada sampah akibat adanya pembentukan gaya tangensial. Besarnya gaya tangensial pada pisau pencacah yang berputar sangat ditentukan oleh besarnya daya yang ditransmisikan, semakin besar sudut perletakan akan membentuk gaya tangensial yang meningkat dan menurunkan gaya tangensial. Gaya tangensial adalah berbanding lurus dengan massa partikel sampah organik dan percepatan arah tangensial pisau pencacah. Sehingga dengan terbentuknya gaya tangensial pada pisau pencacah sampah organik yang berputar, akan terbentuk proses pencacahan yang merata sehingga hasil pencacahan menjadi homogen. Kemudian massa partikel akan bergerak keluar drum pencacahan.

2.3. Kinerja Pencacahan Sampah Organik.

Kinerja pencacahan sampah organik dinyatakan oleh: Laju massa pencacahan, Energi pencacahan, dan efektivitas pencacahan. Laju massa

pencacahan (kg/h), dinyatakan dalam besarnya massa (kg) sampah organik yang dicacah selama waktu (jam) proses pencacahan. Energi pencacahan (kJ), dinyatakan oleh besarnya massa (kg) sampah organik yang dicacah, kecepatan pencacahan (m/s) dan waktu pencacahan (h). Efektivitas pencacahan, dinyatakan oleh laju massa pencacahan (kg/h) dan energi pencacahan (kJ).

Laju massa pencacahan sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \dots\dots\dots (\text{kg / h})$$

Energi pencacahan sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$E = m \times C^2 \dots\dots\dots (\text{kJ})$$

Efektivitas pencacahan sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{\dot{m}}{E} \dots\dots\dots (\text{kg / kJ.h})$$

Pengambilan data dilakukan 10 sampel untuk setiap variabel bebas, kemudian melakukan validasi rata-rata data. Dengan menggunakan metode eksperimen, pengukuran massa partikel sampah organik (kg), Pengukuran putaran poros mesin pencacah (rpm) menggunakan Tachometer, Waktu pencacahan (jam) didapatkan melalui perekaman waktu awal mulai pencacahan sampai akhir pencacahan menggunakan stopwatch.

Dengan menetapkan massa sampah organik, putaran mesin pencacah, untuk variasi dimensi lubang saringan semakin besar,

menghasilkan waktu pencacahan yang semakin cepat dengan laju massa pencacahan yang meningkat. Pada massa partikel sampah organik, dengan dimensi saringan mesin pencacah yang semakin besar, akan membentuk jumlah butir partikel yang semakin sedikit, menjadikan laju energi pencacahan semakin cepat, sehingga waktu pembentukan partikel sampah organik menjadi semakin cepat. Dengan dimensi lubang saringan semakin besar, menjadikan waktu pembentukan partikel sampah semakin pendek, membutuhkan energi pencacahan yang semakin kecil, untuk menghasilkan laju pembentukan partikel sampah organik yang semakin meningkat.

2.4. Panduan Operasional Mencacah Sampah Organik.

- Mempersiapkan sampah organik kering dan menetapkan massanya (kg),
- Mempersiapkan unit mesin pencacah dalam kondisi ready, dengan memperhatikan kondisi bahan bakar dan sabuk transmisi,
- Mempersiapkan dan menggunakan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker),
- Mempersiapkan alat ukur Neraca massa, putaran poros mesin (Tachometer) dan alat ukur waktu kerja mesin (Stopwatch)
- Menghidupkan mesin pencacah dengan menetapkan saklar motor penggerak pada posisi (ON), kemudian mengatur putaran mesin agar konstan dengan menetapkan trottle pada posisi tertentu,

- Memasukkan sampah organik kering ke dalam mesin pencacah, melakukan pencacahan sampai kondisi butir partikel sesuai yang diinginkan,
- Melakukan lima sampel pengamatan data proses pencacahan, terdiri dari putaran mesin dan waktu pencacahan,
- Proses pencacahan sampah organik dilakukan pada variasi putaran mesin,
- Setelah selesai, matikan mesin pencacah dengan menetapkan throttle pada posisi putaran terendah, kemudian menetapkan saklar motor penggerak pada posisi (OF),
- Membersihkan mesin pencacah serta peralatan lainnya dari kotoran dan debu, kemudian mengembalikan pada tempat yang telah ditentukan,
- Hasil pencacahan berupa partikel sampah organik, ditempatkan pada wadah tertutup,
- Melepaskan dan mengembalikan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker) pada tempat yang telah disediakan,
- Hasil pengamatan data proses pencacahan sampah organik, kemudian ditabelkan untuk selanjutnya dilakukan analisa karakteristik kinerja pencacahan sampah organik.

2.5. Lembar Data.

Pencacahan Sampah Organik.

No.	Massa sampah (kg)	Putaran mesin (rpm)	Waktu (s)	Massa produk (kg)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

BAB 3

ARANG SAMPAH ORGANIK

Arang merupakan salah satu bahan untuk membuat bahan bakar pelet, telah melalui proses pembakaran tidak sempurna sehingga tidak sampai menjadi abu. Arang berwarna hitam, ringan, mudah hancur, dan menyerupai batu bara terdiri dari 85% sampai 98% karbon, sisanya adalah abu dan unsur kimia lainnya.

Tipe arang ada dua yaitu batangan (*lump*) dan halus atau pecahan. Arang batangan digunakan untuk bahan baku memasak, keperluan metalurgi dan sebagai bahan baku untuk pembuatan zat kimia tertentu yang bahan baku utamanya dari jenis kayu daun lebar misalnya bakau, asam dan kesambi. Arang halus digunakan untuk pembuatan briket dan arang aktif yang bahan bakunya dari serbuk, kulit dan serpih kayu dari sisa penggergajian

Karbonisasi adalah proses pengarangan, merupakan proses pembentukan arang dari senyawa organik dalam bahan yang dominan yang mengandung selulosa, dimana proses pengarangan terjadi melalui pemutusan ikatan karbon dengan hidrogen, serta karbon tersebut tidak mengalami proses oksidasi.

Membuat partikel arang sampah organik sudah sangat praktis dan sederhana, bisa lakukan sendiri di rumah. Langkah terakhir adalah memisahkan arang mentah dan arang matang. Arang matang memiliki warna hitam mengkilap dan bersinar. Penggunaan arang bisa anda gunakan sebagai media tanam tanaman hias anggrek. Jika anda hendak

menjual, ayak dahulu arang sebelum dimasukkan ke dalam karung untuk menghilangkan abu yang tersisa.

Parameter utama yang sangat menentukan terhadap homogenitas pengarangan dan laju pengarangan tersebut, ditentukan oleh kondisi pada:

- a. Kondisi pada dimensi sampah organik, dengan membentuk partikel yang dilakukan dengan cara penggilingan sampah organik kering, kemudian penyeragaman dimensi butir dengan proses ayakan.
- b. Kondisi pada proses pengarangan, berperan dalam membentuk hasil yang homogen, dengan cara membentuk rancangan Sistem Blade Pengaduk dan Pengarah dalam Drum Pengarang Rotary dan Pemberian Putaran Drum serta Temperatur Pengarangan.
- c. Kondisi pada hasil pembentukan arang, dengan melakukan proses uji SEM-EDAX, untuk mendapatkan karakteristik dimensi partikel dan unsur kimia dari partikel arang sampah organik,

Pembuatan arang dengan cara *kiln* drum berputar, umumnya digunakan untuk tujuan komersil. Dengan metode drum, karbonisasi dapat diamati dan diawasi melalui pengatur udara masuk dan tidak tergantung dari cuaca pada saat itu. Cara *kiln* drum ini cocok dikembangkan bagi penduduk yang berada di sekitar hutan guna untuk mengurangi limbah tebangan dari areal hutan produksi. *Kiln* ini terbuat dari besi yang terdiri atas dua buah silinder dipasang secara bersambung. Cara kerjanya adalah panas berasal dari bahan baku kayu itu sendiri yang dibantu oleh udara dari luar yang diatur menurut kapasitas *kiln* tersebut.

Portable kiln memerlukan waktu pengarangan ± 4 (empat) hari untuk kapasitas 9 – 10 m³ kayu dengan hasil arang ± 1800 kg.

Teknologi pembuatan arang dengan *kiln* drum berputar adalah suatu metode pembuatan arang yang murah dan sederhana tetapi dapat menghasilkan rendemen dan kualitas arang yang cukup tinggi. Teknologi ini dapat diterapkan pada industri rumah tangga di pedesaan karena bahan konstruksi drum bekas mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah. Selain itu, konstruksi tungku dan operasi pengolahannya mudah dilakukan oleh siapa saja yang berminat dan tidak memerlukan pendidikan khusus.

Sebelum melaksanakan pembakaran terlebih dahulu alat dibersihkan dari sisa abu yang tertinggal di dasar drum. Selanjutnya pada dasar drum diberi beberapa kayu atau kertas dan dibakar, kemudian dibiarkan sampai bahan tersebut menyala, kemudian ditambahkan setengah dari drum ke dalam tungku pembakaran, pada tahap ini harus dijaga agar bahan yang dibakar tidak menyala. Untuk tahap penambahan selanjutnya dilakukan apabila bahan yang sedang dibakar menyala dan tidak mau padam walaupun telah ditutup penutup drumnya. Banyaknya penambahan sama dengan penambahan pertamanya. Pekerjaan ini dilakukan sampai drum pembakaran penuh, setelah itu bahan yang ditambahkan terkarbonisasi drum ditutup tapi lubang kecil tetap dibiarkan terbuka. Setelah ada tanda-tanda asap putih kebiruan yang halus keluar dari lubang kecil penutup drum maka lubang tersebut ditutup rapat dan akhirnya drum dibiarkan sampai bahan terkarbonisasi penuh dikeluarkan dari drum pembakaran.

3.1. Pengarangan Sampah Organik.

Karbonisasi adalah proses pengarangan, merupakan proses pembentukan arang dari senyawa organik dalam bahan yang dominan yang mengandung selulosa. Proses pengarangan terjadi melalui pemutusan ikatan karbon dengan hidrogen, di mana karbon tersebut tidak mengalami proses oksidasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonisasi (proses pengarangan) adalah kecepatan pemanasan dan tekanan udara dalam tanur. Semakin cepat pemanasan, maka semakin sulit pengamatan tahap-tahap karbonisasi dan rendemen yang dicapai rendah. Adapun faktor yang mempengaruhi hasil karbonisasi adalah kadar air bahan baku, kekerasan kayu, jumlah udara, suhu maupun lamanya pengarangan. Produk yang paling penting dalam proses karbonasi adalah arang.

Beberapa cara proses pembuatan arang, jika ditinjau berdasarkan proses pemanasan, yaitu:

a. Dengan pemanasan tidak langsung.

Pada prinsipnya pembuatan arang dengan pemanasan tidak langsung adalah dengan disangrai, dengan cara bahan baku diletakkan di dalam drum yang telah ditempatkan di atas tungku, sedangkan api pemanasan berada di luar drum.

b. Dengan pemanasan langsung.

Caranya, masukkan bahan baku ke dalam drum sampai setengah tinggi drum, buatlah sumber api dengan gas asap dari pembakaran langsung dimasukkan ke dalam drum. Biarkan asap mengepul sampai bahan baku terbentuk menjadi arang semua.

Pada proses koarbonisasi, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil karbonisasi antara lain:

- Suhu akhir, lama proses, kadar air, ukuran dan jenis bahan baku,
- Berat jenis bahan baku, dimana berat jenis yang lebih tinggi akan menghasilkan arang yang lebih berat,
- Kandungan lignin bahan baku, semakin tinggi kandungan ligninnya maka semakin tinggi pula mutu arang yang dihasilkan.

Proses pengarangan dihindari terdapatnya oksigen, sehingga energi yang diberikan terhadap senyawa karbon tersebut berperan dalam memutuskan ikatan atom karbon dengan atom lainnya dalam struktur heksagonal. Terdapatnya oksigen dari luar merupakan suatu faktor yang mempengaruhi hasil arang yang diperoleh karena karbon yang terbentuk dengan adanya oksigen akan mengalami reaksi lanjutan yaitu oksidasi, sehingga hasil akhirnya berupa abu. Produk yang paling penting dalam proses karbonasi adalah arang.

Tahapan karbonasi secara singkat adalah sebagai berikut:

- Pada awal pemanasan, air dalam bahan baku dilepaskan bersamaan CO dan CO₂ dalam jumlah kecil.
- Pada suhu 200 – 400 °C sebagian besar selulosa murni terurai secara intensif disamping pembentukan gas juga dijumpai sejumlah senyawa kecil senyawa karbon.
- Pada suhu 400 – 500 °C lignin terurai dan dihasilkan lebih banyak ter sedangkan gas menurun dan meningkatkan suhu, maka gas CO₂ semakin berkurang sedangkan gas CO, CH₄ dan CH₂ semakin meningkat.

- Pada suhu 500 – 700 °C pembentukan ter dan gas hidrogen semakin bertambah, terbentuknya karbon mencapai 90 %.
- Diatas suhu 700 °C diperoleh gas yang dapat diembunkan terutama terdiri atas gas hidrogen.

Arang partikel sampah organik didapatkan melalui proses pembakaran tidak sempurna sehingga tidak sampai menjadi abu, merupakan salah satu bahan untuk membuat bahan bakar pelet. Pada prinsipnya pembuatan arang partikel sampah organik dengan pemanasan tidak langsung adalah dengan disangrai, dengan cara partikel sampah organik diletakkan di dalam drum yang telah ditempatkan di atas tungku, sedangkan api pemanas berada di luar drum. Caranya, masukkan partikel sampah organik ke dalam drum sampai setengah tinggi drum, Buatlah sumber api dan asap dari pembakaran langsung dimasukkan ke dalam drum. Biarkan asap mengepul sampai sampah organik terbentuk menjadi arang semua. Indikator keberhasilan dalam pembuatan arang adalah tercapainya hasil pengarangan yang homogen dengan laju pengarangan sesuai dengan yang direncanakan.

3.2. Mesin Pengarangan Dan Cara Kerja.

Secara umum, mesin pengarangan partikel sampah organik terdiri dari 4 (empat) komponen utama, yaitu : (a) Main Engines (*Motor Induksi*); (b) Transmission Systems (*Sistem Transmisi Daya*); (c) Drum Pengarang (Dilengkapi *Blade Pengaduk dan Blade Pengarah*); (d) Tungku Pengarangan (Dilengkapi *Barner Pembakar Bahan Bakar*), diperlihatkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Unit mesin pengarangan rotary.

Prinsip kerja dari Sistem Pengarangan Partikel sampah organik Rotary adalah sebagai berikut; *Main Engines* sebagai sumber daya utama memberikan DAYA OUTPUT-nya ke *Drum Pengarang* melalui *Sistem Transmisi Daya*. Besarnya DAYA yang Ditransmisi ke *Drum Pengarang* tergantung pada besarnya beban pengarangan dan efisiensi system transmisi daya tersebut. Daya yang di transmisikan inilah yang selanjutnya digunakan untuk memutar drum pengarang. Salah satu jenis *Transmisi* yang digunakan untuk mentransmisikan Daya penggerak sampai ke drum pengarangan saat ini adalah *Sproket dengan Rantai*. Tungku pembakar dengan burner pembakar bahan bakar sebagai sumber pembentukan energi pembakaran yang memberikan energi panas ke drum pengarangan, sehingga udara dalam ruang drum pengarang temperaturnya meningkat untuk memanaskan partikel sampah organik dalam drum.

Dengan pemberian putaran pada drum, partikel akan bergerak berputar, udara panas di dalam drum akan menyentuh seluruh permukaan partikel sampah organik dengan merata. Efek pembuatan arang menggunakan drum yang berputar, dapat menghasilkan waktu

pengarangan lebih pendek dan hemat energi dengan hasil pengarangan partikel yang homogen.

Blade dibuat menyatu pada bagian dalam drum, dimaksudkan agar massa partikel sampah organik yang berada di dalam drum akan bergerak berputar menuju ke bagian tengah drum akibat adanya pembentukan gaya tangensial dan gaya sentripetal. Dengan terbentuknya gaya tangensial dan gaya sentripetal pada massa partikel sampah organik yang berputar akibat perletakan blade pengaduk yang bersudut, sehingga akan terbentuk hasil pengarangan menjadi homogen.

3.3. Kinerja Pengarangan Partikel Sampah Organik.

Kinerja pengarangan partikel sampah organik dinyatakan oleh: Laju massa pengarangan, Energi pengarangan, dan efektivitas pengarangan. Laju massa pengarangan (kg/h), dinyatakan dalam besarnya massa (kg) partikel sampah organik yang diarangkan selama waktu (jam) proses pengarangan. Energi pengarangan (kJ), dinyatakan oleh besarnya massa (kg) partikel sampah organik yang diarangkan dan temperatur nyala api pengarangan ($^{\circ}\text{C}$). Efektivitas pengarangan, dinyatakan oleh laju massa pengarangan (kg/h) dan energi pengarangan (kJ).

Laju massa pengarangan partikel sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \dots\dots\dots (\text{kg} / \text{h})$$

Energi pengarangan partikel sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$E = m \times C^2 \dots\dots\dots(kJ)$$

Efektivitas pengarangan partikel sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{\dot{m}}{E} \dots\dots\dots(kg / kJ.h)$$

Pengambilan data dilakukan 10 sampel untuk setiap variabel bebas, kemudian melakukan validasi rata-rata data. Dengan menggunakan metode eksperimen, pengukuran massa partikel sampah organik (kg), Pengukuran putaran drum pengarangan (rpm) menggunakan Tachometer, Pengukuran temperatur pengarangan (°c), didapatkan menggunakan Termocouple datalogger, Waktu pengarangan (jam) didapatkan melalui perekaman waktu awal mulai pengarangan sampai akhir pengarangan menggunakan stopwatch.

Dengan menetapkan massa partikel sampah organik, temperatur pengarangan, dan putaran drum pengarangan, untuk variasi dimensi partikel sampah organik, menghasilkan waktu pengarangan yang semakin pendek dengan laju massa pengarangan yang meningkat. Pada massa partikel sampah organik, dengan dimensi partikel yang semakin kecil, akan membentuk jumlah butir partikel yang semakin banyak dengan luasan permukaan partikel yang bertambah besar, membentuk tahanan termal konveksi yang semakin kecil. Dengan pemanasan, menjadikan laju energi pengarangan semakin cepat, sehingga waktu pembentukan arang menjadi semakin cepat. Dengan laju energi pengarangan yang semakin cepat, menjadikan waktu pembentukan arang

semakin pendek, sehingga dengan massa partikel sampah organik yang konstan, menghasilkan laju pembentukan arang yang semakin meningkat.

3.4. Panduan Operasional Pengarangan Partikel Sampah Organik.

- Mempersiapkan partikel sampah organik dan menetapkan massanya (kg),
- Mempersiapkan unit mesin pengarangan dalam kondisi ready, dengan memperhatikan kondisi burner, bahan bakar, motor penggerak, dan sabuk transmisi,
- Mempersiapkan dan menggunakan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker),
- Mempersiapkan alat ukur Neraca massa, putaran poros mesin (Tachometer), alat ukur temperatur (Termometer data logger), dan alat ukur waktu kerja mesin (Stopwatch),
- Menghidupkan mesin pengarangan dengan menetapkan saklar motor penggerak pada posisi (ON), kemudian mengatur putaran mesin agar konstan dengan menetapkan trottle pada posisi tertentu,
- Memasukkan partikel sampah organik ke dalam mesin pengarangan, melakukan pengarangan sampai kondisi butir partikel menjadi hitam mengkilat,
- Melakukan lima sampel pengamatan data proses pengarangan, terdiri dari putaran mesin dan waktu pengarangan,

- Proses pengarangan sampah organik dilakukan pada variasi temperatur,
- Setelah selesai, matikan mesin pengarangan dengan menetapkan throttle pada posisi putaran terendah, kemudian menetapkan saklar motor penggerak pada posisi (OF),
- Membersihkan mesin pengarangan serta peralatan lainnya dari kotoran dan debu, kemudian mengembalikan pada tempat yang telah ditentukan,
- Hasil pengarangan berupa partikel arang sampah organik, ditempatkan pada wadah tertutup,
- Melepaskan dan mengembalikan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker) pada tempat yang telah disediakan,
- Hasil pengamatan data proses pengarangan partikel sampah organik, kemudian ditabelkan untuk selanjutnya dilakukan analisa karakteristik kinerja pengarangan partikel sampah organik.

3.5. Lembar Data

Pengarangan Partikel Sampah Organik.

Dimensi Partikel:mm

No.	Massa partikel (kg)	Putaran (rpm)	Suhu (°c)	Waktu (s)	Massa arang (kg)	Massa abu (kg)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						

BAB 4

SAMPAH ANORGANIK

Sampah anorganik ialah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati baik berupa produk sinterik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang atau sumber daya alam dan tidak dapat diuraikan oleh alam, Contohnya: botol plastik, tas plastik, kaleng plastik. Hal yang terpenting dari sampah anorganik ini ialah dapat dijadikan bahan bakar, yang sifatnya tidak dapat diperbaharui atau dalam istilah populernya yaitu tidak terbarukan (*non renewable*).



Gambar 4. 1 Sampah botol plastik.

Plastik merupakan salah satu jenis polimer yang bahan dasarnya secara umum adalah Polipropilena (PP), Polietilena (PE), Polistirena (PS), Poli Metil Metakrilat (PMMA), High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE). Plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi molekul-molekul kecil (monomer) hidrokarbon. Penggunaan sampah plastik sebagai bahan untuk menghasilkan bahan bakar minyak merupakan suatu alternatif

yang dapat meningkatkan nilai ekonomis dari sampah plastik, disamping itu juga dapat menyelesaikan salah satu masalah lingkungan.

4.1. Pengolahan Sampah Plastik.

Konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar dapat menunjukkan hasil yang cukup prospektif untuk dikembangkan. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi sehingga tinggal dikembalikan ke bentuk semula. Plastik juga memiliki nilai kalor cukup tinggi setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar, serta bisa memberikan solusi terhadap krisis energi bahan bakar fosil yang semakin menipis akibat dari eksploitasi secara terus menerus dan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

Proses pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar meliputi beberapa proses, diantaranya :

- Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen kimia lainnya dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Teknik seperti ini mampu menghasilkan gas pembakaran yang berguna dan aman bagi lingkungan. Proses pirolisis ini akan memecah hidrokarbon rantai karbon panjang dari polimer plastik menjadi rantai hidrokarbon berantai pendek, selanjutnya molekul-molekul ini didinginkan menjadi fase cair.
- Distilasi adalah pemisahan campuran dalam suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didih.

Bahan bakar yang dihasilkan harus diketahui kualitasnya, yaitu perlu dilakukan pengujian lanjutan dalam menentukan sifat fisik ataupun kimianya diantaranya adalah densitas, *specific gravity*, viskositas, titik nyala, titik tuang, angka cetana, angka oktan, kadar abu, kadar air dan lain lain.

Semakin tinggi suhu pirolisis, nilai titik nyala yang diperoleh semakin menurun, namun masih mendekati standar mutu bahan bakar minyak. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya suhu pirolisis, maka semakin cepat pula api menyambar ketika disulut karena dipengaruhi oleh kandungan air dalam minyak.

4.2. Unit Pengolah Botol Plastik.

Secara umum, sistem pengolah sampah botol plastik menjadi bahan bakar minyak terdiri dari 4 (empat) komponen utama, yang terdiri dari: *Burner* berbahan bakar pelet; *Evaporator* (system penguap botol plastik); *Kondensor* spiral (system kondensasi uap botol plastik, yang dilengkapi pompa sirkulasi air pendingin); *Menara pendingin* (dilengkapi unit spry air dan pompa sirkulasi air).



Gambar 4. 2 Ppengolahan sampah botol plastik.

Prinsip kerja dari Sistem Pengolahan sampah botol plastik menjadi bahan bakar minyak adalah sebagai berikut; *Burner* sebagai sumber energi utama dari pembakaran bahan bakar minyak, memberikan Energy Panas-nya ke *Evaporator* melalui *Sistem Pemanasan Tak Langsung*. Besarnya Energy panas yang ditransmisikan ke *Evaporator*, tergantung pada besarnya beban penguapan (massa botol plastik) tersebut. Uap botol plastik yang dihasilkan, mengalir ke *Kondensor* untuk dikondensasi (melepaskan panasnya ke air pendingin), menghasilkan minyak limbah botol plastik yang ditampung pada drum. Air panas keluar *Kondensor* dialirkan ke *Menara Pendingin* untuk melepaskan panasnya ke udara atmosfer, kemudian air dingin yang dihasilkan *Menara Pendingin* dialirkan kembali ke *Kondensor*.

4.3. Kinerja Penyulingan Minyak Plastik.

Kinerja penyulingan minyak sampah plastik dinyatakan oleh: Laju massa penyulingan, Energi penyulingan, dan efektivitas penyulingan. Laju massa penyulingan (kg/h), dinyatakan dalam besarnya massa (kg) sampah plastik yang disuling selama waktu (jam) proses penyulingan. Energi penyulingan (kJ), dinyatakan oleh besarnya massa (kg) sampah plastik yang disuling, kecepatan penyulingan (m/s) dan waktu penyulingan (h). Efektivitas penyulingan, dinyatakan oleh laju massa penyulingan (kg/h) dan energi penyulingan (kJ).

Laju massa pengolahan sampah botol plastik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \dots\dots\dots (\text{kg / h})$$

Energi pengolahan sampah botol plastik, dinyatakan dengan persamaan:

$$E = m \times C^2 \dots\dots\dots(kJ)$$

Efektivitas pengolahan sampah botol plastik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{\dot{m}}{E} \dots\dots\dots(kg / kJ.h)$$

Pengambilan data dilakukan 10 sampel untuk setiap variabel bebas, kemudian melakukan validasi rata-rata data. Dengan menggunakan metode eksperimen, pengukuran massa sampah plastik (kg), Pengukuran temperatur pengolahan (°C) menggunakan Termometer, Waktu penyulingan (jam) didapatkan melalui perekaman waktu awal mulai pengolahan sampai akhir pengolahan menggunakan stopwatch.

Dengan menetapkan massa sampah plastik pada temperatur pembakaran semakin besar, menghasilkan waktu pengolahan yang semakin cepat dengan laju massa pengolahan yang meningkat. Pada massa sampah plastik, dengan temperatur pembakaran yang semakin besar, akan membentuk penguapan yang semakin banyak, menjadikan laju energi penguapan semakin cepat, sehingga waktu pembentukan minyak sampah plastik menjadi semakin cepat. Dengan temperatur pembakaran semakin besar, menjadikan waktu pembentukan minyak sampah plastik semakin pendek, membutuhkan energi pengolahan yang semakin kecil, untuk menghasilkan laju pembentukan bahan bakar minyak sampah plastik yang semakin meningkat.

4.4. Panduan Operasional Penyulingan Minyak Plastik.

- Mempersiapkan sampah botol plastik yang sudah bersih, menetapkan massanya (kg),
- Mempersiapkan unit pengolahan dalam kondisi ready, dengan memperhatikan kondisi bahan bakar, kondensor dengan air pendingi, dan menara pendingin dengan pompanya,
- Mempersiapkan dan menggunakan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker),
- Mempersiapkan alat ukur Neraca massa, temperatur pengolahan (Termometer) dan alat ukur waktu kerja penyulingan (Stopwatch),
- Memasukkan botol plastik yang sudah bersih ke dalam evaporator, melakukan pembakaran tak langsung sampai kondisi plastik habis menguap,
- Menghidupkan unit pengolahan dengan menetapkan temperatur pembakaran pada posisi konstan dengan menetapkan trottle bahan bakar pada posisi tertentu,
- Menghidupkan pompa air kondensor dan pompa air menara pendingin,
- Melakukan pengamatan lima kali sampel data proses pengolahan, terdiri dari temperatur pengolahan, massa minyak plastik yang dihasilkan dan waktu pengolahan,
- Proses pengolahan sampah botol plastik dilakukan pada variasi temperatur pengolahan,

- Setelah selesai, matikan unit pengolahan dengan menetapkan throttle bahan bakar, kemudian menetapkan saklar pompa air kondensor dan pompa air menara pendingin pada posisi (OF),
- Membersihkan unit pengolahan serta peralatan lainnya dari kotoran dan debu, kemudian mengembalikan pada tempat yang telah ditentukan,
- Hasil pengolahan berupa bahan bakar minyak plastik, ditempatkan pada botol tertutup,
- Melepaskan dan mengembalikan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker) pada tempat yang telah disediakan,
- Hasil pengamatan data proses pengolahan berupa bahan bakar minyak plastik, kemudian ditabelkan untuk selanjutnya dilakukan analisa karakteristik kinerja pengolahan bahan bakar minyak botol plastik.

4.5. Lembar Data.

Penyulingan minyak Sampah anOrganik.

Jenis sampah anorganik:

No.	Massa sampah (kg)	Suhu penyulingan (°c)	Waktu (s)	Massa minyak (kg)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

BAB 5

PELET ARANG

Pellet merupakan salah satu contoh penggunaan sumberdaya hayati sebagai bioenergi, lebih tepatnya sebagai bahan bakar pellet juga dapat dibuat dari limbah pemanenan kayu seperti bagian batang, ranting, dan kulit kayu. Selain itu bahan baku pellet kayu juga bisa berasal dari limbah pertanian dan perkebunan seperti bonggol jagung, sabut kelapa, jerami, cangkang buah kopi, daun dan lain-lain.

Pellet adalah bahan bakar yang dipadatkan dan dibentuk dalam cetakan. Pellet dapat berbentuk silinder dengan ukuran diameter yang beragam. Pellet biasanya terbuat dari sampah-sampah atau limbah yang tidak digunakan lagi. Bahan baku yang paling disarankan adalah sampah organik dari sisa pertanian yang sudah tidak digunakan lagi. Bahan bakar pellet sangat cocok digunakan untuk industri kecil dan masyarakat umum karena murah dan pembakarannya cukup bersih.

5.1. Bahan Bakar Pellet.

Bahan bakar pellet arang sampah organik untuk bahan bakar, merupakan salah satu bahan bakar yang berbentuk pellet dengan ukuran lebih besar dari pellet biasa, yaitu berdiameter 5-15 mm dan panjang kurang dari 30 mm. Pellet ini dibuat dengan cara menghancurkan bahan baku sampah organik, kemudian dijadikan arang, dan dengan bantuan perekat biasanya tapioka, kemudian dilakukan pencetakan dengan *pellet mill*. Dalam dunia sains lebih dikenal dengan nama biopellet. Pellet tersebut dapat menggantikan kayu bakar dan minyak tanah yang

sekarang ini sangat langka di pedesaan dan pinggiran kota. Selain itu dapat juga digunakan sebagai bahan bakar industri



Gambar 5. 1 Bahan bakar pelet arang.

Energi yang dihasilkan dari bahan bakar pelet dapat digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan rumah tangga maupun industri rumah tangga, mulai dari memasak sampai kebutuhan untuk pembangkit tenaga listrik.

5.2. Mesin Pencetak Pelet.

Mesin Penceak bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, secara umum terdiri dari 5 (lima) komponen utama, yang terdiri dari: Main Engines (*Motor Diesel*); Sistem Transmisi Daya (*sabuk, pulley, gearbox*); Drum Pencetak pelet (Dilengkapi *cetakan dan roda penekan*); Corong pemasukan bahan baku; Corong pengarah keluar hasil cetak pelet, seperti terlihat pada gambar 5.2.



Gambar 5. 2 esin cetak bahan bakar pelet.

Prinsip kerja dari mesin pencetak bahan bakar pelet partikel arang sampah organik adalah sebagai berikut; *Main Engines* sebagai sumber daya utama memberikan **DAYA OUTPUT**-nya ke *Drum Pencetak* melalui *Sistem Transmisi Daya*. Besarnya **DAYA** yang Ditransmisi ke *Drum Pencetak* tergantung pada besarnya beban Pencetakan dan efisiensi system transmisi daya tersebut. Daya yang di transmisikan inilah yang selanjutnya digunakan untuk memutar *Plat Pencetak Rotasi*. Salah satu jenis *Transmisi* (Alat Penghantar Daya) yang digunakan untuk mentransmisikan Daya penggerak sampai ke *Plat Pencetak Rotasi* saat ini adalah *Gearbox*. Partikel arang organik yang telah dicampur, dimasukkan melalui corong pemasukan bagian atas, di dalam drum pencacah akan mengalami pencetakan oleh plat pencetak yang berputar dan roller, selanjutnya bakar bakar pelet partikel arang sampah organik keluar melalui corong keluar, dan ditampung pada wadah pelet partikel arang sampah organik.

Dengan pemberian putaran pada plat pencetak, dimaksudkan agar plat pencetak yang berada di dalam drum akan bergerak berputar dan roller akan melakukan tumbukan pada partikel arang sampah organik, akibat adanya pembentukan gaya rotasi. Besarnya gaya rotasi pada roller pencetak yang berputar sangat ditentukan oleh besarnya daya yang ditransmisikan, Gaya tangensial adalah berbanding lurus dengan massa partikel sampah organik dan percepatan arah tangensial roller pencetak. Sehingga dengan terbentuknya gaya tangensial pada roller pencetak sampah organik yang berputar, akan terbentuk proses pencetakan yang merata sehingga hasil roller pencetak menjadi homogen. Kemudian massa partikel akan bergerak keluar drum pencetak.

5.3. Kinerja Pencetakan Pelet.

Kinerja pencetakan bahan bakar pelet arang sampah organik dinyatakan oleh: Laju massa pencetakan, Energi pencetakan, dan efektivitas pencetakan. Laju massa pencetakan (kg/h), dinyatakan dalam besarnya massa (kg) partikel arang sampah organik yang dicetak selama waktu (jam) proses pencetakan. Energi pencetakan (kJ), dinyatakan oleh besarnya massa (kg) partikel arang sampah organik yang dicetak, kecepatan pencetakan (m/s) dan waktu pencetakan (h). Efektivitas pencetakan, dinyatakan oleh laju massa pencetakan (kg/h) dan energi pencetakan (kJ).

Laju massa pencetakan pelet partikel arang sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \dots\dots\dots (\text{kg / h})$$

Energi pencetakan pelet partikel arang sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$E = m \times C^2 \dots\dots\dots(kJ)$$

Efektivitas pencetakan pelet partikel arang sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{m}{E} \dots\dots\dots(kg / kJ.h)$$

Pengambilan data dilakukan 10 sampel untuk setiap variabel bebas, kemudian melakukan validasi rata-rata data. Dengan menggunakan metode eksperimen, pengukuran massa partikel arang sampah organik (kg), Pengukuran putaran poros mesin pencetak (rpm) menggunakan Tachometer, Waktu pencetakan (jam) didapatkan melalui perekaman waktu awal mulai pencetakan sampai akhir pencetakan menggunakan stopwatch.

Dengan menetapkan massa partikel arang sampah organik, putaran mesin pencetak, untuk variasi dimensi lubang cetakan semakin besar, menghasilkan waktu pencetakan yang semakin cepat dengan laju massa pencetakan yang meningkat. Pada massa partikel arang sampah organik, dengan dimensi lubang cetakan mesin pencetak yang semakin besar, akan membentuk jumlah butir partikel yang semakin sedikit, menjadikan laju energi pencetakan semakin cepat, sehingga waktu pembentukan bahan bakar pelet arang partikel sampah organik menjadi semakin cepat. Dengan dimensi lubang cetakan semakin besar, menjadikan waktu pembentukan pelet partikel arang sampah semakin pendek,

membutuhkan energi pencetakan yang semakin kecil, untuk menghasilkan laju pembentukan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik yang semakin meningkat.

5.4. Panduan Operasional Mencetak Pelet.

- Mempersiapkan partikel arang sampah organik yang sudah tercampur minyak sampah plastik dan perekat kanji, menetapkan massanya (kg),
- Mempersiapkan unit mesin pencetak pelet dalam kondisi ready, dengan memperhatikan kondisi bahan bakar, Gearbox, dan sabuk transmisi,
- Mempersiapkan dan menggunakan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker),
- Mempersiapkan alat ukur Neraca massa, putaran poros mesin (Tachometer) dan alat ukur waktu kerja mesin (Stopwatch),
- Menghidupkan mesin pencetak dengan menetapkan saklar motor penggerak pada posisi (ON), kemudian mengatur putaran mesin agar konstan dengan menetapkan trottle pada posisi tertentu,
- Memasukkan partikel arang sampah organik yang sudah tercampur minyak sampah plastik dan perekat kanji ke dalam mesin pencetak, melakukan pencetakan sampai kondisi seluruh bahan habis tercetak,
- Melakukan lima sampel pengamatan data proses pencetakan, terdiri dari putaran mesin dan waktu pencacahan,

- Proses pencetakan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik dilakukan pada variasi putaran mesin,
- Setelah selesai, matikan mesin pencetak dengan menetapkan throttle pada posisi putaran terendah, kemudian menetapkan saklar motor penggerak pada posisi (OF),
- Membersihkan mesin pencetak serta peralatan lainnya dari kotoran dan debu, kemudian mengembalikan pada tempat yang telah ditentukan,
- Hasil pencetakan berupa bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, ditempatkan pada wadah tertutup,
- Melepaskan dan mengembalikan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker) pada tempat yang telah disediakan,
- Hasil pengamatan data proses pencetakan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, kemudian ditabelkan untuk selanjutnya dilakukan analisa karakteristik kinerja pencetakan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik.

5.5. Lembar Data.

Bahan Bakar Pelet.

Dimensi Partikel:mm

No.	Massa bahan baku (kg)	Putaran (rpm)	Waktu (s)	Massa produk (kg)	Loss Massa (kg)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					

BAB 6

PEMBAKARAN BAHAN BAKAR PELET

Pemanfaatan bahan bakar padat sudah jauh berbeda dan mengalami banyak perubahan, pembakaran adalah metode utama untuk mengubah bahan bakar padat menjadi energi. karakteristik pembakaran diamati dengan melihat perubahan massa briket saat dibakar. Tahapan proses pembakaran bahan bakar padat menyatakan bahwa dibagi menjadi tiga tahapan secara berurutan yaitu *pengeringan*, *devolatilisasi* dan *pembakaran arang*. Pembakaran adalah suatu reaksi kimia eksotermal dengan kalor yang dibangkitkan sangat besar dan menghasilkan nyala, reaksi ini berlangsung spontan dan berkelanjutan karena adanya suplai kalor dari kalor yang dibangkitkan oleh reaksi kimia itu sendiri.



Gambar 6. 1 Pembakaran pelet

Nilai kalor bahan bakar pelet partikel arang sampah organik terdiri dari Nilai Kalor Tinggi (*High Heating Value*) dan Nilai Kalor Rendah (*Low Heating Value*). Nilai Kalor Tinggi (HHV) adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan massa bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, atau satu satuan volume bahan bakar gas, pada tekanan tetap, apabila semula air yang mula-mula berwujud cair setelah pembakaran mengembun kemudian menjadi cair kembali. Nilai Kalor Rendah (LHV) adalah kalor yang besarnya sama dengan nilai kalor atas dikurangi kalor yang diperlukan air yang terkandung dalam bahan bakar pelet partikel arang sampah organik dan air yang terbentuk dari pembakara bahan bakar tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat adalah :

- Ukuran partikel, Partikel yang lebih kecil ukurannya akan lebih cepat terbakar.
- Jenis bahan bakar , Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar antara lain kadar air, kadar zat menguap, dan kadar karbon.
- Temperatur udara pembakaran, kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

Metode untuk mengetahui karakteristik dari biopelet ada 2, yaitu:

- Metode Thermogravimetri Analysis (TGA), merupakan suatu teknik untuk menganalisa perhitungan stabilitas termal suatu bahan dan fraksi komponen zat volatilnya dengan merekam perubahan massa selama spesimen diberi perlakuan panas.

- Metode Heat Flux Constant (HFC), merupakan suatu teknik untuk menganalisa perhitungan stabilitas termal suatu bahan dan fraksi komponen zat volatilnya dengan memonitor perubahan massa selama spesimen diberi perlakuan panas secara konstan.

Heat Flux Constant juga disebut sebagai densitas fluks panas atau intensitas laju aliran panas merupakan aliran energi per unit luas per unit waktu. Dalam satuan SI, satuan untuk Heat Flux Constant adalah Watt per meter persegi ($\text{J}/\text{m}^2 \cdot \text{s} = \text{W}/\text{m}^2$).

Karakteristik pembakaran bahan bakar pelet meliputi: Initiation Temperature of Volatile Matter (ITVM), Initiation Temperature of Fixed Carbon (ITFC), Peak of weight loss rate Temperature (PT), Burning out Temperature (BT) dan lama waktu pembakaran dengan menggunakan metode Heat Flux Constant.

6.1. Pembakaran Bahan Bakar Pelet.

Pembakaran adalah suatu reaksi kimia eksotermal dengan kalor yang dibangkitkan sangat besar dan menghasilkan nyala, reaksi ini berlangsung spontan dan berkelanjutan karena adanya suplai kalor dari kalor yang dibangkitkan oleh reaksi itu sendiri, dengan mekanisme pembakaran bahan bakar padat terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan, devolatilisasi, dan pembakaran arang.

Dalam proses pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, pada saat dipanaskan akan mengalami reaksi kimia antara carbon (C) dengan oksidator oksigen (O_2) (oksigen dalam udara), terbentuk dengan pengoksidasian cepat (proses reaksi kimia), yang diikuti oleh peristiwa terbentuknya pembakaran yang dihasilkan berupa suatu

masa/zat gas yang bersifat exotermis dan menghasilkan panas, nyala, cahaya dan asap.



Gambar 6. 2 Segi tiga pembakaran

Pengujian pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampak organik dilakukan untuk mengetahui nilai termal masing masing jenis pelet menggunakan pengujian pembakaran dengan mencatat perubahan suhu setiap waktu selama pengujian dengan memberikan aliran udara. Pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampak organik dimaksudkan untuk mengetahui peningkatan suhu tiap satuan waktu dan juga untuk mengetahui tinggi maksimal suhu pada tiap komposisi campuran pelet arang sampak organik.

Beberapa hal dapat mempengaruhi hasil pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampak organik: Ukuran partikel yang lebih kecil akan lebih cepat terbakar; Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar antara lain kadar air, kadar zat menguap, dan kadar karbon; Temperatur udara pembakaran Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

Karakteristik pembakaran bahan bakar pelet yang meliputi: Initiation Temperature of Volatile Matter (ITVM), Initiation Temperature of Fixed Carbon (ITFC), Peak of weight loss rate

Temperature (PT), Burning out Temperature (BT) dan lama waktu pembakaran.

6.2. Unit Pembakar Dan Cara Kerja.

Unit pembakar bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, secara umum terdiri dari 3 (lima) komponen utama, yang terdiri dari: Burner (Tungku bakar); *Sistem Udara Bakar (Blower dan saluran udara dengan katup)*; Sistem pemanas (Elemen pemanas dilengkapi saklar dengan potensio), seperti pada gambar 6.3.



Gambar 6. 3 Komponen utama unit pembakar pelet.

Prinsip kerja dari Unit pembakar bahan bakar pelet partikel arang sampah organik adalah sebagai berikut; Sistem pemanas sebagai sumber energy utama memberikan energy panas-nya ke bahan bakar yang terisi di dalam *Drum Pembakar*. Besarnya Energy panas yang Ditransmisi ke *Drum Pembakar* tergantung pada besarnya beban pembakaran dan efisiensi system pembakar tersebut. Bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, dimasukkan melalui pintu pemasukan bagian atas di dalam drum pembakar, dan diletakkan di bagian atas saringan pembakar. Blower memberikan aliran udara bakar ke bahan bakar yang sedang terbakar, melalui bagian bawah burner. Besarnya aliran udara bakar

disesuaikan dengan jumlah massa bahan bakar, dengan mengatur bukaan katup saluran udara.

Dengan pemberian aliran listrik pada elemen pemanas, dimaksudkan agar elemen pemanas yang berada di dalam drum pembakar akan membara dan memberikan energy panas kepada pelet partikel arang sampah organik, sehingga terjadi adanya pembakaran pelet. Blower mengalirkan udara bakar melalui bagian bawah burner ke bahan bakar yang sedang membara diatas saringan dalam burner. Dengan menetapkan bukaan katup saluran udara bakar, dimaksudkan agar besarnya aliran udara bakar disesuaikan dengan jumlah massa bahan bakar, sehingga terbentuknya proses pembakaran yang sempurna dan merata dengan kalor hasil pembakaran yang tinggi.

6.3. Kinerja Pembakaran

Kinerja pembakaran bahan bakar pelet arang sampah organik dinyatakan oleh: Laju massa pembakaran, Energi hasil pembakaran, dan efektivitas pembakaran. Laju massa pembakaran (kg/h), dinyatakan dalam besarnya massa (kg) partikel arang sampah organik yang dibakar selama waktu (jam) proses pembakaran. Energi pembakaran (kJ), dinyatakan oleh besarnya massa (kg) partikel arang sampah organik yang dibakar, kecepatan pembakaran (m/s) dan waktu pembakaran (h). Efektivitas pembakaran, dinyatakan oleh laju massa pembakaran (kg/h) dan energi pembakaran (kJ).

Laju massa pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \dots\dots\dots (\text{kg} / \text{h})$$

Energi pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$E = m \times C^2 \dots\dots\dots (\text{kJ})$$

Efektivitas pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, dinyatakan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{\dot{m}}{E} \dots\dots\dots (\text{kg} / \text{kJ.h})$$

Pengambilan data dilakukan 10 sampel untuk setiap variabel bebas, kemudian melakukan validasi rata-rata data. Dengan menggunakan metode eksperimen, pengukuran massa bahan bakar pelet partikel arang sampah organik (kg), Pengukuran massa bahan bakar yang dibakar menggunakan Neraca Massa, Waktu pembakaran (jam) didapatkan melalui perekaman waktu awal mulai pembakaran sampai akhir pembakaran menggunakan stopwatch.

Dengan menetapkan massa bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, untuk variasi kecepatan udara bakar semakin besar, menghasilkan waktu pembakaran yang semakin cepat dengan laju massa pencetakan yang meningkat. Pada massa bahan bakar pelet partikel arang sampah organik dengan dimensi pelet yang semakin besar, akan membentuk densitas pelet yang semakin kecil, menjadikan laju energi pembakaran semakin meningkat dengan waktu pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik menjadi semakin cepat. Pada

volume bahan bakar dengan dimensi partikel yang semakin besar, menjadikan pelet partikel arang sampah semakin porous, sehingga membutuhkan energi pembakaran yang semakin kecil, untuk menghasilkan laju pembentukan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik yang semakin meningkat.

6.4. Panduan Operasional Pembakaran Pelet.

- Mempersiapkan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik yang sudah tercampur minyak sampah plastik dan perekat kanji, menetapkan massanya (kg),
- Mempersiapkan unit uji bakar dalam kondisi ready, dengan memperhatikan kondisi udara bakar, elemen pemanas,
- Mempersiapkan dan menggunakan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker),
- Mempersiapkan alat ukur pembakaran, Thermometer dan alat ukur waktu kerja pembakaran (Stopwatch),
- Memasukkan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik ke dalam ruang bakar unit pembakar,
- Menghidupkan burner, dengan menetapkan saklar heater pada posisi (ON), kemudian mengatur putaran blower agar konstan dengan menetapkan trotle pada posisi tertentu,
- Melakukan lima sampel pengamatan data proses pembakaran, pada variasi kecepatan udara bakar,
- Setelah selesai, dengan menetapkan saklar heater pada posisi (OF), kemudian mengatur blower pada posisi (OF),

- Membersihkan unit pembakar serta peralatan lainnya dari kotoran dan debu, kemudian mengembalikan pada tempat yang telah ditentukan,
- Melepaskan dan mengembalikan peralatan keselamatan kerja, (sarung tangan, jas lab, alat pemadam kebakaran, masker) pada tempat yang telah disediakan,
- Hasil pengamatan data proses pencetakan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, kemudian ditabelkan untuk selanjutnya dilakukan analisa karakteristik kinerja pencetakan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik.

6.5. Lembar Data.

Pembakaran bahan bakar pelet.

Dimensi pelet:mm

No.	Massa Pelet (kg)	Suhu (°c)		Waktu (s)		Massa abu (kg)
		Awal	Max	Awal	Max	
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. S. Baumert, A. Catarina, J. Fisher, F. Vollmer, C. M. Ryan, G. Patenaude, P. Zorrilla-miras, L. Artur, I. Nhantumbo, and D. Macqueen, “*Energy for Sustainable Development Charcoal supply chains from Mabalane to Maputo : Who bene fits ?*,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 33, pp. 129–138, 2016
- [2]. P. Jittabut; *Physical and Thermal Properties of Briquette Fuels from Rice Straw and Sugarcane Leaves by Mixing Molasses*, vol. 79, no. x. Elsevier B.V., 2015
- [3]. M. Njenga, N. Karanja, H. Karlsson, R. Jamnadass, M. Iiyama, and J. Kithinji, “*Additional cooking fuel supply and reduced global warming potential from recycling charcoal dust into charcoal briquette in Kenya*,” *J. Clean. Prod.*, vol. 81, pp. 81–88, 2014
- [4]. J. Prasityousil and A. Muenjina, “*The 3 rd International Conference on Sustainable Future for Human Security Properties of solid fuel briquettes produced from rejected material of municipal waste composting*,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 17, pp. 603–610, 2013
- [5]. Akowuah, J. O., Kemausuor, F., & Mitchual, S. J. (2012). Physico-chemical characteristics and market potential of sawdust charcoal briquette. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 3(1), 20.
- [6]. Novi Caroko, Wahyudi, Aditya Kurniawan; *Analisa Karakteristik Pembakaran Briket Limbah Industri Kelapa Sawit Dengan Variasi Perekat Dan Temperatur Dinding Tungku 3000 C Menggunakan Mrtode Heat Flux Constant (HFC)*; Simposium Nasional

Teknologi Terapan (SNTT)3 2015; ISSN: 2339-028X.

- [7]. Hidro Andriyono, Prantasi Harmi Tjahjanti; *Analisa Nilai Kalor Briket Dari Campuran Ampas Tebu Dan Biji Buah Kepuh*; Senaspro, 2016.
- [8]. M. Afif Almu, Syahrul, Yesung Allo Padang; *Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) Dan Abu Sekam Padi*; *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 4 No. 2 Juli 2014 ISSN: 2088-088X
- [9]. Ahmad Zaenul Amin¹, Pramono², Sunyoto; *Pengaruh Variasi Jumlah Perekat Tepung Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Arang Tempurung Kelapa*; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Email: zain234ahmad@gmail.com
- [10]. Eddy Kurniawan*), Nasrun; *Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE)*; *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 3 : 2 (November 2014) 41-52

GLOSARIUM

Sampah adalah sesuatu yang dibuang dan dihasilkan dari proses produksi, baik yang berasal dari kegiatan industri maupun dari kegiatan rumah tangga, dan lingkungan kampus seperti daun pepohonan, limbah pemanenan berasal dari limbah pertanian dan perkebunan

Bahan bakar pelet partikel arang sampah organik dibuat dari hasil proses pengarangan sampah organik, merupakan salah satu contoh penggunaan sumberdaya hayati sebagai bioenergi sebagai bahan bakar, memiliki potensi yang baik sebagai substitusi bahan bakar fosil

Sampah organik adalah barang yang dianggap sudah tidak terpakai dan dibuang oleh pemilik/pemakai sebelumnya, tetapi masih bisa dipakai kalau dikelola dengan prosedur yang benar, dan merupakan salah satu bahan untuk membuat pelet arang

Sampah Organik adalah barang sampah yang bisa mengalami pelapukan (dekomposisi) dan terurai menjadi bahan yang lebih kecil dan tidak berbau (sering disebut dengan kompos)

Sampah organik atau degradable adalah jenis sampah yang dapat membusuk, dan terurai kembali, sampah ini dapat dijadikan bahan bakar dengan terlebih dahulu dikeringkan dan dijadikan arang, pupuk kompos yang berguna dalam menyuburkan tanaman

Metode ilmiah adalah metode yang tersusun dari langkah-langkah sistematis yang digunakan untuk memecahkan permasalahan

Sampah anorganik ialah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati baik berupa produk sinterik maupun hasil proses teknologi pengelolaan bahan tambang atau sumber daya alam dan tidak dapat diuraikan oleh alam

Arang merupakan salah satu bahan untuk membuat bahan bakar pelet, telah melalui proses pembakaran tidak sempurna sehingga tidak sampai menjadi abu

Plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi molekul-molekul kecil (monomer) hidrokarbon

Karbonisasi adalah proses pengarangan, merupakan proses pembentukan arang dari senyawa organik dalam bahan yang dominan yang mengandung selulosa, dimana proses pengarangan terjadi melalui

pemutusan ikatan karbon dengan hidrogen, serta karbon tersebut tidak mengalami proses oksidasi

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen kimia lainnya dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas

Distilasi adalah pemisahan campuran dalam suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didih

Pelet adalah bahan bakar yang dipadatkan dan dibentuk dalam cetakan

Gaya tangensial adalah berbanding lurus dengan massa partikel sampah organik dan percepatan arah tangensial roller pencetak

Pembakaran adalah suatu reaksi kimia eksotermal dengan kalor yang dibangkitkan sangat besar dan menghasilkan nyala, reaksi ini berlangsung spontan dan berkelanjutan karena adanya suplai kalor dari kalor yang dibangkitkan oleh reaksi kimia itu sendiri

INDEKS

A

Arang · i, ii, i, 2, 14, 19, 53, 54, 59

B

bahan organik · 6
bioenergi · 1, 2, 34, 54
Blade · 15, 19, 21
Burner · 28, 29, 46

D

devolatilisasi · 42, 44
Drum Pembakar · 46
Drum Pencacah · 8

E

efektivitas · 2, 9, 21, 29, 37, 47
energi · i, 1, 2, 3, 6, 10, 11, 18, 20, 21, 22,
27, 29, 30, 37, 38, 42, 44, 47, 48

F

fosil · 1, 2, 6, 27, 54

G

Gearbox · 9, 36, 39

H

Heat Flux Constant · 44, 52
High Heating Value · 43

K

Karbonisasi · 14, 17, 54
kiln · 15, 16
Kondensor · 28, 29

L

limbah · 1, 15, 29, 34, 54
Low Heating Value · 43
lump · 14

M

Menara pendingin · 28
Metode · iii, 3, 43, 44, 54
Motor Bakar Bensin · 8

O

organik · i, ii, i, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
12, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24,
27, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44,
45, 46, 47, 48, 49, 50, 54, 55

P

partikel sampah · 7, 9, 11, 19, 20, 21, 22,
24, 37, 38
Pelet · i, iv, 2, 34, 35, 37, 39, 41, 44, 49,
51, 55
pelet arang · i, 2, 35, 37, 38, 45, 47, 54
pellet mill · 34
pirolisis · 27, 28
Pisau Pencacah · 8, 9
Polietilena · 26
Polipropilena · 26
Polyethylene · 26
Pulley · 8, 9

R

renewable · 1, 6, 26
Rotary · 15, 20

S

sampah · i, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24,
26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36,
37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 48,
49, 50, 54, 55
Sampah anorganik · 26, 54

Sampah Organik · i, iii, 2, 5, 6, 9, 11, 13,
17, 21, 23, 25, 54
Sistem Transmisi · 8, 19, 20, 35, 36
Sistem Udara Bakar · 46

T

Tachometer · 10, 11, 22, 23, 38, 39
temperatur · 21, 22, 23, 24, 30, 31, 43, 45

Z

zat kimia · 4, 14

TENTANG PENULIS



Ir. Lalu Mustiadi, MT. Lahir pada tanggal 23 Oktober 1957 di Mataram NTB. Anak ke 2 dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Lalu Abdurachman (alm) dan Ibu Baiq Mustiasih (almh). Menyelesaikan Pendidikan Dasar di SDN 5 Mataram (1970), Sekolah Teknik Negeri di Mataram (1973), Sekolah Teknik Menengah Negeri di Mataram (1976).

Melanjutkan Pendidikan Tinggi pada: Diploma D-3 Teknik Mesin Akademi Teknik Nasional Malang, Pendidikan Strata S-1 Jurusan Teknik Mesin di Institut Teknologi Nasional Malang (1983), dan Pendidikan Strata S-2 Program Studi Magister Teknik di Universitas Indonesia Jakarta (1996).

Karirnya diawali dengan menjadi Tenaga Pengajar di Jurusan Teknologi Mesin kemudian diangkat menjadi staf Dosen pada Tahun 1985. Dan saat ini statusnya menjadi Dosen di ITN Malang pada Program Studi Teknik Mesin (1985- sekarang). Riwayat Karir di Kampus Institut Teknologi Nasional Malang Sebagai Kepala Laboratorium Otomotif Teknik Mesin D-3 ITN Malang, Tahun 2005. Sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Diploma Tiga Tahun 2008.

Karya yang telah dipublikasikan pada Jurnal, diantaranya: THE EFFECT OF STRETCHING AND AGE TOWARD MENTAL WORKLOAD OF CITY CAR TRANSPORTATION DRIVER, IJABER ISSN 0972-7302, Volume 14, Tahun 2016. Penelitian Perbandingan Model Cacat Coran Pada Bahan Besi Cor dan Alumunium Temperatur Tuang Pada SIstem Cetakan Pasir Dengan Variasi, Jurnal Flywhell ISSN: 1979-5858, Volume: 11, Tahun: 2015. Municipal Solid Waste Densification as an Alternative Energy, Journal of Energy Technologies and Policy, ISSN: 2224-3232 (Paper) 2225-0573 (online), Volume: 2, Tahun: 2012.

Karya dalam bentuk Buku Ajar, Pembuatan Arang Tinja Ayam, Penerbit CV IRDH, ISBN: 978-602-0726-31-1, Oktober 2018.



Dra Siswi Astuti, MPd. Lahir di Malang pada tanggal 15 Januari 1961. Anak pertama dari 5 orang bersaudara dari pasangan Bapak Siswo Atmowidjojo dan Ibu Soekartiwi. Menikah dengan Darsono Sigit dan memiliki 4 orang putra/i. Menyelesaikan Pendidikan S1 Pendidikan Kimia FMIPA Universitas

Negeri Malang pada tahun 1984 dan Program Strata Dua (S2) Manajemen Pendidikan di Universitas Negeri Malang tahun 1993. Kariernya diawali menjadi tenaga pengajar di jurusan Teknik Kimia kemudian diangkat menjadi staf dosen pada tahun 1985 hingga saat ini (2018). Riwayat karir di kampus ITN Malang sebagai Wakil Dekan II FTI ITN Malang tahun 1993-2000, menjadi Wakil Rektor II Tahun 2003-2011 dan saat ini menjadi wakil bidang Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM ITN Malang (2018).

Publikasi Karya Ilmiah

1. Advances In Composite Materials Analysis Of Natural And Man-Made Materials, Chapter 11 Mechanical Improvement of Ramie Woven Reinforced- Strach Based Biocomposite Using Biosizing Method (Part 3 Manufacturing), In Tech Janeza Trdine9, 51000 Rijeka, Croatia, 2011, ISBN:
2. Pembuatan Kecap Manis Dari Limbah Ikan Tongkol, Jurnal Industri Inovatif, Vol 2 No. 2, 2012, ISSN: 2087 – 8869
3. Optimalisasi Protein Pada Kecap Manis Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) Melalui Variasi Kadar Enzim Papain Dan

- Waktu Hidrolisis, Seminar Nasional Soebardjo Brotoharjono IX, Juni 2012, UPN Surabaya
4. Kelompok Nelayan Usaha Kecap dari Lombah Ikan Laut dengan Teknologi Hidrolisis Enzimatis di Desa Watukarung Pacitan, Seminar Nasional Teknologi (SENATEK) 2015, ISSN: 2407-7534, Vol 1, No A, hal 770-774, Februari 2015.
<http://ejournal.itn.ac.id/index.php/senatek/article/view/1276>
 5. Peningkatan Nilai Gizi Umbi Talas Melalui Proses Fermentasi Menggunakan Starter BIMO CF dan Pegagan (*Centella Asiatica* LN), SENIATI 2016, ISSN: 2085-4218, Book 1, Februari 2016.
<https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/95>
 6. Sintesis MOCAF bersalut Triterpenoid untuk Terapi Biomedis Bagi Penderita Autis, SNAST 2016, November 2016 Yogyakarta
 7. Inovasi Jamu Celup Dalam Upaya Peningkatan Ekonomi Pedagang Jamu Gendong, SENIATI 2017, ISSN: 2085-4218, Vol. 3 No. 2, C25.1-4, Februari 2017,
<https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/1012>
 8. The Effect Of Chicken Eggs Additional On *Centella Asiatica* Extract As Supplement For Autistic Person, *Avicenna Journal Of Medical Biotechnology*, Vol No , 2017
 9. Pembuatan Lilin Aromaterapi Berbasis Bahan Alami, *Jurnal Industri Inovatif*, ISSN: 2087-8869, Volume 7, No. 1, Maret 2017, hal 29 – 34.
<http://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/1062>
 10. Karakterisasi Material Komposit Polimer Polystyrene dan Serat Tebu, *Jurnal Industri Inovatif*, ISSN: 2087-8869, Volume 7, No. 1,

- Maret 2017, hal. 1-6,
<http://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/1057>
11. Pengembangan Potensi Kreatif Sumberdaya Manusia Dalam Pembuatan Layang Layang dan Tas Wanita Kualitas Ekspor di RW 02 Bakalan Krajan, Jurnal DIFUSI IPTEK, Vol. 3 No. 1 Mei 2018, hal 11 - 15 (ISSN: 2541 – 3996),
<https://flipmaslegowo.id/index.php/difusi-iptek/issue/view/4>

Hak Kekayaan Intelektual:

1. Tepung Cassava Termodifikasi Ekstrak Pegagan dan Proses Produksinya, No. HKI:
2. Lukisan Relief Merak Berbahan Dasar Daur Ulang Limbah Koran dan Bulu Ayam, No. Registrasi: 000119485, 19 September 2018, No permohonan: EC00201847849

Penulis Buku Ajar:

1. Biokomposit Bubur Koran Sebagai Alternatif Bahan Baku Aksesoris Kerajinan Pengganti Keramik, ISBN 978-602-5518-58-4, Penerbit Dream Litera Buana, Malang 2019.



Aladin Eko Purkuncoro, ST., MT. Lahir pada tanggal 10 Mei 1978 di Pacitan Jawa Timur. Anak ke 2 dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Pardiman Susanto (alm) dan Ibu Sri Irianti. Menyelesaikan Pendidikan Dasar di SDN Arjowinangun, SMPN 1 Pacitan, SMA Negeri 1 Pacitan.

Melanjutkan Pendidikan Diploma Tiga di ITN Malang, Pendidikan Strata S-1 Jurusan Teknik Mesin di Universitas Brawijaya (2002), dan Pendidikan Strata S-2 Program Studi Magister Teknik Mesin di Universitas Brawijaya (2011).

Karirnya diawali menjadi Dosen pada Tahun 1999. Dan saat ini statusnya menjadi Dosen di ITN Malang pada Program Studi Teknik Mesin (1999- sekarang). Riwayat Karir di Kampus Institut Teknologi Nasional Malang

Sebagai Kepala Laboratorium Otomotif dan Manufaktur Teknik Mesin D-3 ITN Malang, Tahun (2000-2015). Sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Diploma Tiga Tahun (2016-sekarang). Ketua UKM Pesan (2016-sekarang).

Karya yang telah dipublikasikan pada Jurnal, diantaranya: Pemanfaatan Komposit *Hybrid* sebagai Produk Panel Pintu Rumah Serat Bulu Ayam (*Chicken Feather*) dan Serat Ijuk (*Arenga Pinata*) terhadap Sifat Mekanik dan Sifat *Thermal* Matrik *Polyester*, Jurnal RAPI XIII ISSN: 1412-9612, Tahun: 2014. Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanik pada Hasil Pengelasan Besi Tuang Kelabu FC-15, Jurnal TRANSMISI ISSN: 0216-3233, Volume: ii, Tahun: 2015.

Analisis Perbandingan Model Cacat Coran pada Bahan Besi Cor dan Alumunium dengan Variasi Temperatur Tuang Sitem Cetakan Pasir, Jurnal Teknik Industri Inovatif ISSN: 2087-8869, Volume: 6, Tahun: 2016. Pengaruh Ayam Serat Ijuk (*Arenga Pinata*) sebagai Filter dan Bermatrik Tepung Garut (*Marantha Erundacea*) dengan Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan Impak, Jurnal Cendekia Eksakta ISSN: 2528-5912, Volume:1, Tahun 2016. Penggunaan Elektrode E 7016 pada Baja Alsi 1050 terhadap Sifat Mekanik dengan Variasi Posisi Pengelasan Smaw, Jurnal FLYWHEEL ISSN: 1979-5858, Volume: 08, Tahun: 2017. Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Serat Ijuk (*Arenga Pinata*) terhadap Kekuatan Tarik, Jurnal Teknik Mesin TRANSMISI ISSN: 0216-3233, Volume: 13, Tahun: 2017. Pengaruh Variasi Temperatur pada Gas Nitriding terhadap Surface Hardness Bahan Baja Alsi 4140, Jurnal CENDEKIA EKSakta ISSN: 2528-5912, Volume: 2, Tahun 2017. Penggunaan Fraksi Volume Komposit Serat Batang Pisang Matrik *Polyester* terhadap Sifat Mekanik, Jurnal SENIATI ISSN: 2085-4218, Volume: 04, Tahun: 2018.

Beberapa karya yang mendapatkan HAKI, diantaranya: Buku Panduan Praktek Pengecoran Logam No Haki : 03739 No Permohonan EC00201703719 Tahun 2017. Buku Panduan Praktek Pengantar Teknik Manufaktur No Haki : 03740 No Permohonan EC00201703720 Tahun 2017. Buku panduan Praktek Menggambar Teknik No Haki : 03741 No Permohonan EC00201703721 Tahun 2017. Buku Panduan Praktek Desain dan Simulasi No Haki : 03742 No Permohonan EC00201703724 Tahun 2017.

Karya yang telah dipublikasikan pada Pengajuan Paten, diantaranya: Mesin Crumble Portable Pencetak Paten Ikan No:

P00201709453. Mesin Drilling Resapan Air Portable dengan Sensor No: SID201807800. Mesin Pemipil Jagung Portable No: P00201809069. Mesin Pencacah Limbah Plastik Portable No: SID201810724. Mesin Pasteurisasi Susu Portable No: P00201810735.

BUKU AJAR
MENGUBAH SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK
MENJADI BAHAN BAKAR PELET PARTIKEL ARANG

Buku ini ditulis berdasarkan pengalaman dalam melakukan kegiatan penelitian yang dijalankan oleh penulis, sehingga diharapkan dapat melengkapi pustaka mata kuliah bidang Energi Baru dan Terbarukan, disajikan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- ➡ Setiap bab diawali dengan penjelasan singkat dan gambar
- ➡ Dilengkapi dengan unit mesin, proses pembuatan dan cara kerja
- ➡ Diahiri dengan mendeteksi kinerja pembuatan dan panduan operasional
- ➡ Terdapat lembar data kinerja setiap tahapan proses pembuatan dan pembakaran bahan bakar pelet arang sampah organik.

Published by :



Office :

Jl. A. Yani. Sokajaya 59 Purwokerto
New Villa Bukit Sengkaling C9 No. 1 Malang
HP. 081 333 252 968 WA. 089 621 424 412
www.irdhcenter.com
email: buku.irdh@gmail.com

ISBN 978-602-0726-99-2

